

(19)日本国特許庁 (J P) (12)特 許 公 報 (B 2) (11)特許番号
特許第3401613号
(P3401613)
(45)発行日 平成15年 4 月28日 (2003. 4. 28) (24)登録日 平成15年 2 月28日 (2003. 2. 28)

(51)Int.Cl.⁷ 識別記号 F I
G 0 1 F 1/66 1 0 3 G 0 1 F 1/66 1 0 3
A
B

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21)出願番号	特願平8-291690	(73)特許権者	000233077 株式会社 日立インダストリイズ 東京都足立区中川四丁目13番17号
(22)出願日	平成 8 年11月 1 日 (1996. 11. 1)	(72)発明者	岡村 共由 茨城県土浦市神立町603番地 株式会社 日立製作所 土浦工場内
(65)公開番号	特開平10-38651	(72)発明者	山田 雅之 茨城県土浦市神立町603番地 株式会社 日立製作所 土浦工場内
(43)公開日	平成10年 2 月13日 (1998. 2. 13)	(72)発明者	片倉 景義 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株式会社 日立製作所 情報通信事業部 内
審査請求日	平成13年 4 月24日 (2001. 4. 24)	(74)代理人	100066979 弁理士 鷗沼 辰之 (外 1 名)
(31)優先権主張番号	特願平8-125633	審査官	森口 正治
(32)優先日	平成 8 年 5 月21日 (1996. 5. 21)		
(33)優先権主張国	日本 (J P)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流体機械の流量測定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 流体機械およびその前後の流路の少なくとも一つの断面における速度分布をパルスドップラ式超音波流速計により測定し、前記速度分布と前記断面積とから前記流量を算出する流体機械の流量測定方法において、
前記流体機械の吐出エルボの入口側断面から上流側に向かう複数線上の流速分布を測定することを特徴とする流体機械の流量測定方法。

【請求項 2】 流体機械およびその前後の流路の少なくとも一つの断面における速度分布をパルスドップラ式超音波流速計により測定し、前記速度分布と前記断面積とから前記流量を算出する流体機械の流量測定方法において、
前記流速測定断面を含む流路の乱流解析を実行し、

前記解析結果から流速測定線上の流速分布を求め、前記流速分布と流路断面積とから流量Q a を算出し、前記乱流解析時に入口境界条件として予め設定した流量Q b との比 $\alpha = Q b / Q a$ を求め、
前記 α を補正係数として前記パルスドップラ式超音波流速計から算出した流量Q c に乗じて補正された流量を求めることを特徴とする流体機械の流量測定方法。

【請求項 3】 流体機械の吸込流路壁または吐出流路壁面上にパルスドップラ式超音波流速計の超音波センサを前記超音波センサの送受波方向が吐出流路の主流の方向と平行であるように設置し、流体機械およびその前後の流路の少なくとも一つの断面における速度分布をパルスドップラ式超音波流速計により測定し、前記速度分布と前記断面積とから前記流量を算出する流体機械の流量測定方法において、

吐出エルボに設置されている保守点検用ハンドホールに、流水方向と直交し、超音波センサを設置した棒状の測定治具を挿入し、その治具を治具の軸方向に移動させ、流量を測定することを特徴とする流体機械の流量測定方法。

【請求項4】 請求項3に記載の流体機械の流量測定方法において、

流体機械の吸込または吐出流路の流路方向が30度以上曲げられる流路壁面上に、超音波を送受する超音波センサの軸を流路の上流または下流の主流方向に対向する方向に、超音波センサを設置したことを特徴とする流体機械の流量測定方法。

【請求項5】 請求項3に記載の流体機械の流量測定方法において、

前記測定治具が軸方向および／または周方向にも可動であることを特徴とする流体機械の流量測定方法。

【請求項6】 請求項5に記載の流体機械の流量測定方法において、

アレイ形超音波センサを測定治具に設置したことを特徴とする流体機械の流量測定方法。

【請求項7】 流体機械およびその前後の流路の少なくとも一つの断面における速度分布をパルスドップラ式超音波流速計により測定し、前記速度分布と前記断面積とから前記流量を算出する流体機械の流量測定方法において、

前記パルスドップラ式超音波流速計を構成する超音波センサを前記流体機械の吸込流路に対向する吸込槽底部に設け、

前記流体機械の吐出エルボの入口側断面から上流側に向かう複数線上の流速分布を測定することを特徴とする流体機械の流量測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、流体機械の流量測定方法に係り、特に上水道、下水道、雨水排水、農業用水などで用いられるポンプの吐出量のような各種流体機械の流体流量を測定するのに好適な流体機械の流量測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波を用いたポンプ流量測定方法の第1従来例としては、特開平4-249716号公報に記載された超音波を用いたポンプ吐出し流量測定装置および測定方法がある。この第1従来例では、ポンプの吐出エルボの側壁に設置された超音波流速計により、エルボ内の流速を測定し、この流速と予め実測された流速対ポンプ吐出し量との関係を示すデータから流量を算出する。

【0003】ポンプ流量測定方法の第2従来例としては、図15に示すように、超音波伝搬方式の流速計をポンプの流量計測に適用した例がある。第2従来例は、管軸方向に所定間隔を隔てて一対の超音波センサをポンプ

管外壁に設置し、超音波を流れの順方向と逆方向とに送波し、伝搬速度差から流速を求め、流速に測定断面の断面積を乗じて流量を算出する方法である。超音波伝搬方式の流速計は、例えば、日本機械学会発行の技術資料『流体計測』（昭和60年4月発行）の第131頁に記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記第1従来例では、エルボの流速とポンプの流量との関係を実測により求めておかねばならない。したがって、ポンプ製造所または現地のポンプ機場で、その測定のためのポンプ試験を実施せねばならず、多大の時間と経費とが必要になるという問題がある。また、製造所内の実測試験では、現地のポンプの吸込み流路や吐出流路の配設状態と完全に同一にして試験することは困難であり、測定精度に誤差が生じる場合もある。

【0005】一方、第2従来例では、図15に示すように、超音波センサ11a、11bを設置すべきポンプの吐出エルボ8の出口断面においては、半径方向に大きな速度分布がある。この方式の流速計では、超音波が通過する測定線15aおよび15b上の流速の平均値しか求められないから、平均速度に断面積を乗じて算出される流量は、実際の流量との誤差が大きくなり、測定精度が悪くなる。この問題を解決するには、超音波流速計の上流側直管部9の長さを流路管径の10倍位にとり、流れが整流されたところで測定する必要がある。

【0006】しかし、実際のポンプが設置されている排水機場などでは、ポンプの吐出エルボ8の出口下流に、そのように長い直管部は、通常、存在しない。流れを整流させるため、整流装置をポンプ出口に設ければ、短い直管部でも測定精度を向上させることは可能であるが、既存ポンプ配管に整流装置を新たに設置する必要があり、多大の経費を要する。

【0007】また、図16に示すように、図15の測定断面IX-IXの水平断面Aの一断面のみではなく、断面B、Cなど複数の断面について測定すれば、測定精度の向上は期待される。しかし、各線上の平均流速の測定精度自体は向上しないから、全体の測定精度は、大幅には向上しない。

【0008】本発明の目的は、従来の超音波測定方法では測定精度が低かった既設ポンプなどの流体機械の流量計測を多大な経費を必要とせずかつ高精度に実施できるようにする流体機械の流量測定方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、流体機械および前記前後流路の少なくとも一つの断面における流量を測定する流量測定方法において、前記断面における速度分布をパルスドップラ式超音波流速計で測定し、その速度分布と断面積とから流量

を算出する。この測定方法では、パルスドップラ式超音波流速計により超音波の進行方向の流速分布を求め、その流速分布から流路方向の測定線上の流速分布が正確に求められるので、流速分布と断面積とから流量を高精度に算出できる。また、超音波の測定線の流路方向で必要な長さは、流路径程度であり、測定部に長い直管部は必要としない。そのため、従来の超音波流量計と比べて、短い距離で精度の高い流量測定が可能となる。

【0010】前記流路の外壁面周りに超音波センサを複数個設置し、複数の測定線上の流速分布を測定すると、測定断面の流速分布がさらに詳細に把握され、より高精度に流量を測定できる。

【0011】前記流路の外壁上の一定位置に配列形超音波センサを設置し、超音波センサから測定流路断面内に放射状に伸びる複数線上の流速分布を同時に測定すると、測定面全体の流速分布を求められるので、各点の流速に微小面積を乗じて各部の流量を求めて積分すれば、断面全体にわたる流量が正確に測定される。

【0012】前記流体機械の吐出エルボの入口側断面から上流側に向かう複数線上の流速分布を測定すると、吐出エルボ出口直後に、超音波の発射方向の流路形状が変化する物体が存在する場合でも、吐出エルボの入口側は流路形状は変化しないので、精度の高い流量測定が可能となる。

【0013】前記流速測定断面を含む流路の乱流解析を行い、その解析から流速測定線上の流速分布を求め、流速分布と流路断面積とから流量 Q_a を算出し、乱流解析時に入口境界条件として予め設定した流量 Q_b との比 $\alpha = Q_b / Q_a$ を求め、この α を補正係数として超音波流速計から算出した流量 Q_c に乘じ、補正された流量を求める。この場合は、乱流解析により予め補正係数 α を求めておくので、精度の高い流量測定を容易に行うことができる。

【0014】旋回流に対しても測定可能とするため、超音波センサの超音波の送波方向が、流れの方向と基本的に平行となるような位置にセンサを設定する。そうすれば、ポンプ流路内の流れの方向は、超音波の進行方向と同じであるから、測定精度が高まる。また、ポンプの低流量域において発生する旋回流に対しても、旋回流の主流方向は測定できるので、流路の軸方向の流速分布から流量を求めるという本流量測定方法では、高精度の測定が可能となる。

【0015】流体機械の吸込流路壁または吐出流路壁面上に超音波センサを設置し、そのセンサから送られる超音波またはそのセンサで受ける超音波の方向が、吐出流路の主流の方向と平行であるように超音波センサを設置したことから、ドップラ効果による超音波の周波数変化を捕らえやすく、測定精度が高くなる。また、ポンプの小流量域で発生する旋回成分を持つ流れでも、主流方向成分が常に存在するので、流速の測定精度が良くなり、

結果として、流量の測定精度も高くなる。

【0016】流体機械の吸込または吐出流路において、流路方向が30度以上曲げられる流路壁面上に、超音波を送受する超音波センサの軸を流路の上流または下流の主流方向に対向する方向に、超音波センサを設置したので、超音波センサの取付けに便利である。

【0017】吐出エルボに設置されている保守点検用ハンドホールに、超音波センサを設置した棒状の測定治具を流水方向と直交するように挿入し、その治具を治具の軸方向に移動させ、流量を測定する。その際、測定治具を軸方向に移動させるとともに、周方向にも移動させると、測定断面内の測定位置を非常に多くできるので、高精度の流量測定が可能となる。

【0018】この場合も、アレイ形超音波センサを測定治具に設置すると、測定時間を短縮できる上に、コンパクトな形に収納して、測定治具を小形化できる。

【0019】前記パルスドップラ式超音波流速計を構成する超音波センサを前記流体機械の吸込流路に対向する吸込槽底部に設けたことから、超音波センサを取り付ける面が平面となるので、超音波センサの取付けが容易で、しかも、取り付けの精度を高められる利点がある。ベルマウスにより流れが収縮・増速されて、一様で整流され安定した流れとなっている。したがって、超音波流量計の測定精度も高まるとともに、安定した測定が可能となる。特に、空気混入形先行待機運転方式では、下流側で吸気するようにすれば、水だけの単相状態での流量が測定可能となるとともに、多量の空気が混入したポンプ吐出エルボ付近では、多量の気泡がノイズの発生源となるため、超音波による流量測定方法の測定精度が大幅に落ちるかまたは測定不能に陥ることを回避できる。

【0020】

【発明の実施の形態】次に、図1～図17を参照して、本発明による流体機械の流量測定方法および装置の実施例を説明する。

【0021】《第1実施例》図1は、本発明による流体機械の流量測定方法の第1実施例を示す断面図である。第1実施例において、流量測定の対象となる流体機械は、立軸の排水ポンプであり、その羽根車1は、ここでは図示を省略した原動機の軸に結合されたポンプ軸2に取り付けられている。吸込槽3内の雨水4は、ポンプ軸2が回転して排水ポンプが作動すると、吸込ベルマウス5、羽根車1、案内羽根6、吐出コラム7、吐出エルボ8を経て、吐出管9に排出される。吐出管9の下流には、流量調節弁10が設置されている。

【0022】吐出エルボ8の出口端には、パルスドップラ式超音波流速計13の超音波センサ11を設定してある。パルスドップラ式超音波流速計13は、超音波発信器、パルス発信器、送信機、周波数追跡回路、複調器、指示計などからなる。第1実施例の超音波センサ11の送受波面は、流路壁9aに対して角度 θ だけ傾斜してい

る。くさび状取付具 1 2 は、超音波センサ 1 1 を流路壁 9 a に隙間無く接触させている。

【0023】超音波センサ 1 1 からは、超音波パルス 1 4 が時間間隔 T で発射される。発射された超音波パルス 1 4 は、流速測定線 1 5 上の流体内の粒子 1 6 で散乱反射される。反射波は、一定時間だけ受波器として動作する超音波センサ 1 1 に受信される。受信された超音波は、パルスドップラ式超音波流速計 1 3 内で信号処理され、ドップラシフト周波数と流速 V とを求められる。

【0024】図 2 は、本発明におけるパルスドップラ超音波流速計の送波信号と受波信号とドップラ信号との関係を説明する図である。超音波センサ 1 1 からは、超音波のパルス列からなる送波信号すなわち超音波パルス 1 4 が、時間間隔 T で発射される。流速測定線 1 5 上で、超音波センサ 1 1 から数式 1 に示す距離 X にある粒子において散乱反射される散乱反射波 1 7 は、時間間隔 T で超音波センサ 1 1 で受信され、受波信号となる。送波信号の周波数と受波信号の周波数との差異から、ドップラ信号が得られ、流速 V に換算される。したがって、超音波が進む流速測定線 1 5 上の ΔX 間隔の位置における流速が測定され、その線上における速度分布が求められる。なお、数式 1 において、C は水中における音速、T は超音波パルス列の時間間隔、n は整数である。

【0025】

【数 1】

$$\Delta X = C \cdot T$$

$$X = n \Delta X$$

【0026】図 3 は、測定位置 P における流速 V の速度ベクトルを示す断面図である。ドップラ式超音波流速計 1 3 によって測定される流速 V は、超音波の進行方向の成分 V_x である。したがって、流路に平行な速度 V は、

$$Q = \int_{-R}^R \left(\frac{V_{ax}}{\cos \theta_a} + \frac{V_{bx}}{\cos \theta_b} + \dots + \frac{V_{Nx}}{\cos \theta_N} \right) r \frac{2\pi}{N} dr$$

【0033】超音波センサは、各流速測定線 1 5 上に設置することが望ましいが、定常的な流量を測定する場合は、一個の超音波センサの設置位置を順次変えて測定してもよい。このようにすると、測定断面の流速分布がより詳細に把握され、より高い精度の流量測定が可能となる。

【0034】《第 3 実施例》図 5 は、本発明による流体機械の流量測定方法の第 3 実施例を示す断面図である。超音波センサ 1 1 としては、小さな複数の超音波センサが配列されたアレイ形超音波センサを採用している。各要素の超音波センサからは、特定の流速測定線の方に、パルス状の超音波が発射され、測定断面に多くの測定線が設定されるようにしてある。第 1 実施例と同様に、各測定線上の流速分布が求められて、測定面全体の流速分布が求められる。上記各実施例と同様に、各点

数式 2 で表され、流路方向流速の流速測定線 1 5 上の分布が求められる。

【0027】

【数 2】

$$V = \frac{V_x}{\cos \theta}$$

【0028】測定断面における流量は、各点の流路方向の流速に微小面積を乗じて流路断面全体に亘り積分して得られるから、数式 3 で与えられる。数式 3 で、B(r) は、図 3 に示す流路幅である。

【0029】

【数 3】

$$Q = \int_{-R}^R V \cdot B(r) dr$$

【0030】超音波センサ 1 1 から発射される超音波の流速測定線の流路方向に必要な長さは、流路の直径程度の長さであり、測定部に長い直管部を必要としない。したがって、従来の超音波流量計と比べて短い距離でも、流量を高精度に測定できる。

【0031】《第 2 実施例》図 4 は、本発明による流体機械の流量測定方法の第 2 実施例を示す断面図である。吐出エルボ 8 の出口部に、パルスドップラ式超音波流速計 1 3 の複数の超音波センサ 1 1 a, 1 1 b, 1 1 c, 1 1 d, …を設置し、それぞれの線上の流速分布を求め、数式 4 により流量を算出する。数式 4 において、R は測定断面の半径、V_{ax}, V_{bx}, …, V_{Nx} は各超音波センサ a, b, …, N で測定される測定線方向の流速成分、r は測定位置の流路中心からの半径、N は測定線の数である。

【0032】

【数 4】

の流速に微小面積を乗じると各部の流量が求められ、断面全体に亘り積分して流量が求められる。

【0035】《第 4 実施例》図 6 は、本発明による流体機械の流量測定方法の第 4 実施例を示す断面図である。第 4 実施例は、基本的には第 1 実施例と同様であるが、測定位置を立軸ポンプの吐出エルボ 8 の入口部として、超音波の発射方向すなわち流速測定線を上流に向かわせてある。吐出エルボ 8 の出口の直後には、流量調節弁 1 0 が設置されている。超音波の発射方向に流路形状が変化する物体が存在する場合、吐出エルボ 8 の出口部では、精度の高い流量測定は困難である。しかし、吐出エルボ 8 の入口側の流路形状は変化しないので、第 4 実施例のように、吐出エルボ 8 の入口部に超音波センサ 1 1 を設置すると、高い精度の流量測定ができる。

【0036】《第 5 実施例》

図7は、本発明による流体機械の流量測定方法の第5実施例の処理手順を示すフローチャートである。第5実施例は、流量を測定すべきポンプ流路系全体に亘り乱流解析を実行し、流速測定線上の流速分布をその乱流解析から求めて、その流速分布と流路断面積とから流量 Q_a を算出し、乱流解析時に入口境界条件として予め設定した流量 Q_b との比 $\alpha = Q_b / Q_a$ を求め、超音波流速計から算出した流量 Q_c にこの α を補正係数として乗じて測定流量を補正し、高い精度の流量測定を実現する。第5実施例によれば、乱流解析により予め補正係数 α を求めておくので、高い精度の流量測定を容易に実施できる。

【0037】なお、以上の説明では、立軸の排水ポンプについて述べたが、本発明の流量測定方法は、これに限定されるものではなく、流体が流路を流れる機械であれば、横軸のポンプ、ポンプ以外の水車や送風機などに広く適用できる。

【0038】以上の本発明実施例によれば、多大な経費を必要とせず、従来の超音波測定方法では測定精度が低かった既設ポンプの流量計測を高精度に実施できる。

【0039】図17は、本発明の第1～4実施例でも解決できなかった課題を説明する図である。第1～4実施例で説明したパルスドップラ式超音波流量計では、ポンプ流路の測定線上の流速分布を求めることができ、しかも測定にあたっては超音波センサをポンプ流路外壁に設置すればよく、使い勝手が非常に優れているという特長がある。

【0040】しかし、第1～4実施例の測定方法では、超音波を送波する方向は、流路の主流方向とある角度をなすように設定する必要があった。ポンプの定格点付近での測定は問題はないが、定格点より流量がかなり少ない低流量域においては、図17に示すように、ポンプ出口に旋回ら旋流26が残存し、測定線の方角と測定されるべき流れの方角とが、直交する場合がある。パルスドップラ方式では、流れの超音波を送波する方向の成分しか原理的に測定できないため、その方向の速度成分が存在しない流れに対しては測定できなくなる。送波する方向を種々変化させて、測定可能な方向に設定すればよいが、それを実現するには、機構が複雑となる。

【0041】以下の第6～11実施例は、第1～4実施例でも解決できなかった課題すなわち測定線と流れ方向とが直交することを根本的に無くした流体機械の流量測定方法を提案するものである。

【0042】《第6実施例》図8は、本発明による流体機械の流量測定方法の第6実施例を示す断面図である。図8(a)は第6実施例を上から見た平面図、図8(b)は第6実施例の縦断面図、図8(c)はポンプ内の流速の測定面A-Aの断面図である。第6実施例においても、第1実施例と同様に、流量測定の対象となる流体機械は、立軸の排水ポンプであり、その羽根車1は、ここでは図示を省略した原動機の軸に結合されたポンプ軸2に取り

付けられている。ポンプ軸2が回転すると、吸込槽3の雨水4は、吸込ベルマウス5、羽根車1、案内羽根6、吐出コラム7、吐出エルボ8を経て、吐出管9に排出される。吐出管9の下流には、流量調節弁10が設置されている。

【0043】第6実施例においては、吐出エルボ8の外径側の壁に、パルスドップラ式超音波流速計13の超音波センサ11が設置されている。超音波センサ11の送受波面は、送受波面から送波される超音波の方向がポンプ回転軸2に対して平行である。くさび状取付具12aは、超音波センサ11aを曲面の吐出エルボ8の外壁に隙間無く接触させている。

【0044】超音波センサ11からは、超音波パルス14が時間間隔Tで発射される。発射された超音波パルス14は、流速測定線15上の流体内の粒子16で散乱反射される。反射波は、一定時間だけ受波器として動作する超音波センサ11に受信される。受信された超音波は、パルスドップラ式超音波流速計13内で信号処理され、ドップラシフト周波数と流速Vとを求められる。

【0045】すなわち、上記図2の場合と同様に、超音波センサ11からは、超音波のパルス列からなる送波信号すなわち超音波パルス14が、時間間隔Tで発射される。流速測定線15上で、超音波センサ11から上記数式1で示す距離Xにある粒子において散乱反射される散乱反射波17は、時間間隔Tで超音波センサ11で受信され、受波信号となる。送波信号の周波数と受波信号の周波数との差異から、ドップラ信号が得られ、流速Vに換算される。したがって、超音波が進む流速測定線15上の ΔX 間隔の位置における流速が測定され、その線上における速度分布が求められる。

【0046】より具体的には、図8(a)および図8(b)において、まず、超音波センサ11aからL1の距離にある断面A-Aの点Aaにおける流速が求められる。次に、超音波センサ11aからポンプ軸芯の回りに45度回転させた位置に設置された超音波センサ11bについて、上記と同じ手順で、断面Aにおける点Abの流速が得られる。周方向の測定位置11c, 11d, ..., 11hについて測定すると、図8(c)に示すポンプ流路断面における周方向の流速分布が求められる。

【0047】流速分布が得られたら、数式5により断面A-Aについて流速を積分すると、その流路を流れる流量Qが求められる。 d_2 はポンプ吐出コラム7の内径、 d_1 はポンプ軸2の外径である。

【0048】

【数5】

$$Q = \frac{(d_2^2 - d_1^2)}{8} \int_0^{2\pi} V d\theta$$

【0049】第6実施例の場合には、超音波センサ11

から発射される超音波の方向すなわち流速測定線が、流れの主流方向(ポンプ軸方向)と一致するために、ドップラ効果による超音波の周波数変化を捕らえやすく、測定精度が高くなる。したがって、ポンプの小流量域で発生する旋回成分を持つ流れでも、主流方向成分が常に存在するので、流速の測定精度が良くなり、結果として、流量の測定精度も高くなる。

【0050】《第7実施例》図9は、本発明による流体機械の流量測定方法の第7実施例を示す断面図である。超音波センサ11a, 11b, 11c, 11d, …は、吐出エルボ8の外径面で、送波される超音波が下流側の断面B-Bに向けて、しかも吐出管9の軸芯に平行になるように設置されている。測定原理や流速から流量を求める手順は、第6実施例と同じである。

【0051】第7実施例においては、図9(b)から明らかなように、吐出エルボ8の左側の空間を利用できるので、吐出エルボ8への超音波センサの取付作業や測定作業が、第6実施例と比較して容易になる。ただし、ポンプ軸2が測定断面B-Bに平行して存在しており、ポンプ軸2の影となる領域には超音波が届かないから、測定できない。

【0052】《第8実施例》図10は、本発明による流体機械の流量測定方法の第8実施例を示す外観図である。第8実施例において、吐出エルボ8の外壁曲面に、例えば接着剤により、超音波センサ11を隙間無く設置できる測定座18イ, 18ロ, 18ハなどを階層状に設けてあり、各測定座18の上面は、測定断面A-Aに平行な平面となっている。各測定座18の上には、複数の超音波センサ11a, 11b, 11c, 11dなどが取り付けられている。このようにすれば、超音波センサを取り付ける面が平面となるので、超音波センサの取付が容易で、しかも、取り付けの精度を高められる利点がある。

【0053】《第9実施例》図11は、本発明による流体機械の流量測定方法の第9実施例を示す断面図である。ポンプ吸込槽3のポンプの直下部の底面に超音波センサを設けた流量測定方法である。底面の一部である3aは、鋼板などで作られ、その板の下部には、空間19が設けられ、板の下面には複数の超音波センサが取り付けられている。超音波センサへの信号ケーブルは、吸込槽3のコンクリート壁に設けられたケーブルダクト20を経て、ポンプ設置床面まで導かれ、超音波流量計本体12に接続されている。流量の測定断面C-Cはベルマウス5の端面5aと羽根車1の入口端面1aとの間の吸込槽底面3aからLの距離の位置に設定されている。上述の第1実施例と同様の原理により、C-C断面の流速分布が求められ、それらを数式2により積分すると、流量が求められる。

【0054】測定断面のC-C断面では、ベルマウスにより流れは収縮・増速されて、一様で整流され安定した

流れとなっている。したがって、超音波流量計の測定精度も高まるとともに、安定した測定が可能となる。特に、空気混入形先行待機運転方式では、C-C断面より下流側(上部位置)で吸気するようにすれば、水だけの単相状態での流量が測定可能となるとともに、多量の空気が混入したポンプ吐出エルボ付近では、多量の気泡がノイズの発生源となるため、超音波による流量測定方法の測定精度が大幅に落ちるか、または測定不能に陥ることを回避できる。

10 【0055】なお、信号ケーブルを吸込槽3のコンクリート壁面に沿って垂らしてもよい場合は、ケーブルダクト20を設ける必要はない。

【0056】《第10実施例》図12は、本発明による流体機械の流量測定方法の第10実施例を示す断面図である。ポンプ吐出流路の第2吐出エルボ21の外径の外側壁面に、複数の超音波センサ11a, 11b, 11c, …を設置してある。超音波センサの取付けに便利のように、コンクリート壁には空間22が形成されている。超音波センサの設置状況は、第6実施例と基本的に同じである。超音波センサ11aからLの距離にある測定断面であるD-D断面の流速が測定され、各超音波センサからの測定結果からD-D断面の流速分布が求められる。それを数式2と同様に積分すると、測定流量が求められる。

20 【0057】《第11実施例》図13は、本発明による流体機械の流量測定方法の第11実施例を示す断面図である。吐出エルボにはポンプ軸に垂直で出口フランジ面に平行して、ポンプ内部の点検用孔すなわちハンドホールが設置されている場合がある。第11実施例は、そのようなポンプに好適な実施例である。ハンドホール24aおよび24bには、棒状の測定治具25が貫通している。測定治具25には、図14に示すように、超音波センサ11が埋設されており、超音波センサの表面中心11イは、測定治具25の表面25aから突出しないようにしてある。測定治具25は、図13の軸Y方向および図14の周θ方向に可動となっている。

30 【0058】図14は、第11実施例の測定治具25周りの詳細を示す断面図である。このような構成において、超音波センサの表面中心11イからLの距離にあるE-E断面の流速分布を測定する。図14(a)に示すように、測定治具25を軸Y方向にトラバースすれば、E-E断面の軸Y方向の速度分布が測定される。また、Y方向の各位置において、図14(b)に示すように、測定治具25を測定治具の軸芯回りのθ方向に回転させ、各θの角度位置で測定すると、測定断面のX方向の速度分布が測定される。このようにしてE-E断面の速度分布が求められると、数式2によりその速度分布を断面に亘り積分して、流量が求められる。本実施例の場合、測定断面内の測定位置を非常に多くできるので、高精度の流量測定が可能となる。

【0059】本実施例の拡張として、測定治具25にただ1個の超音波センサだけでなく、小さな超音波センサを軸Y方向や周θ方向に複数個配列すると、測定時間を短縮できる。特に、アレイ形超音波センサを用いれば、コンパクトな形に収納でき、測定治具25を小形化できる。

【0060】以上の説明では、立軸の排水ポンプに本発明を適用した例について述べたが、本発明は、横軸のポンプやポンプ以外の水車、送風機などの流体機械にも適用できる。

【0061】

【発明の効果】本発明によれば、各種流体機械の流体流量を高精度に測定できる。特に、上水道、下水道、雨水排水、農業用水などで用いられるポンプの吐出し量を低コストで高精度に測定できる。

【0062】また、従来の超音波測定方法では低い流量測定精度しか得られなかった既設のポンプについて、わずかな費用のパルスドップラ超音波流速計を設置するのみで流体流量を高精度に測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による流体機械の流量測定方法の第1実施例を示す断面図である。

【図2】本発明におけるパルスドップラ超音波流速計の送波信号と受波信号とドップラ信号との関係を説明する図である。

【図3】測定位置における流れの速度ベクトルを示す断面図である。

【図4】本発明による流体機械の流量測定方法の第2実施例を示す断面図である。

【図5】本発明による流体機械の流量測定方法の第3実施例を示す断面図である。

【図6】本発明による流体機械の流量測定方法の第4実施例を示す断面図である。

【図7】本発明による流体機械の流量測定方法の第5実施例の処理手順を示すフローチャートである。

【図8】本発明による流体機械の流量測定方法の第6実施例を示す断面図である。

【図9】本発明による流体機械の流量測定方法の第7実施例を示す断面図である。

【図10】本発明による流体機械の流量測定方法の第8実施例を示す外観図である。

【図11】本発明による流体機械の流量測定方法の第9実施例を示す断面図である。

【図12】本発明による流体機械の流量測定方法の第10実施例を示す断面図である。

【図13】本発明による流体機械の流量測定方法の第11実施例を示す断面図である。

【図14】第11実施例の測定治具周りの詳細を示す断面図である。

【図15】従来の流体機械の流量測定方法を説明する断面図である。

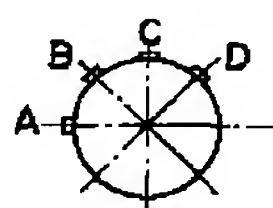
【図16】図15のIX-IX断面を示す図である。

【図17】本発明の第1～4実施例でも解決できない課題を説明する図である。

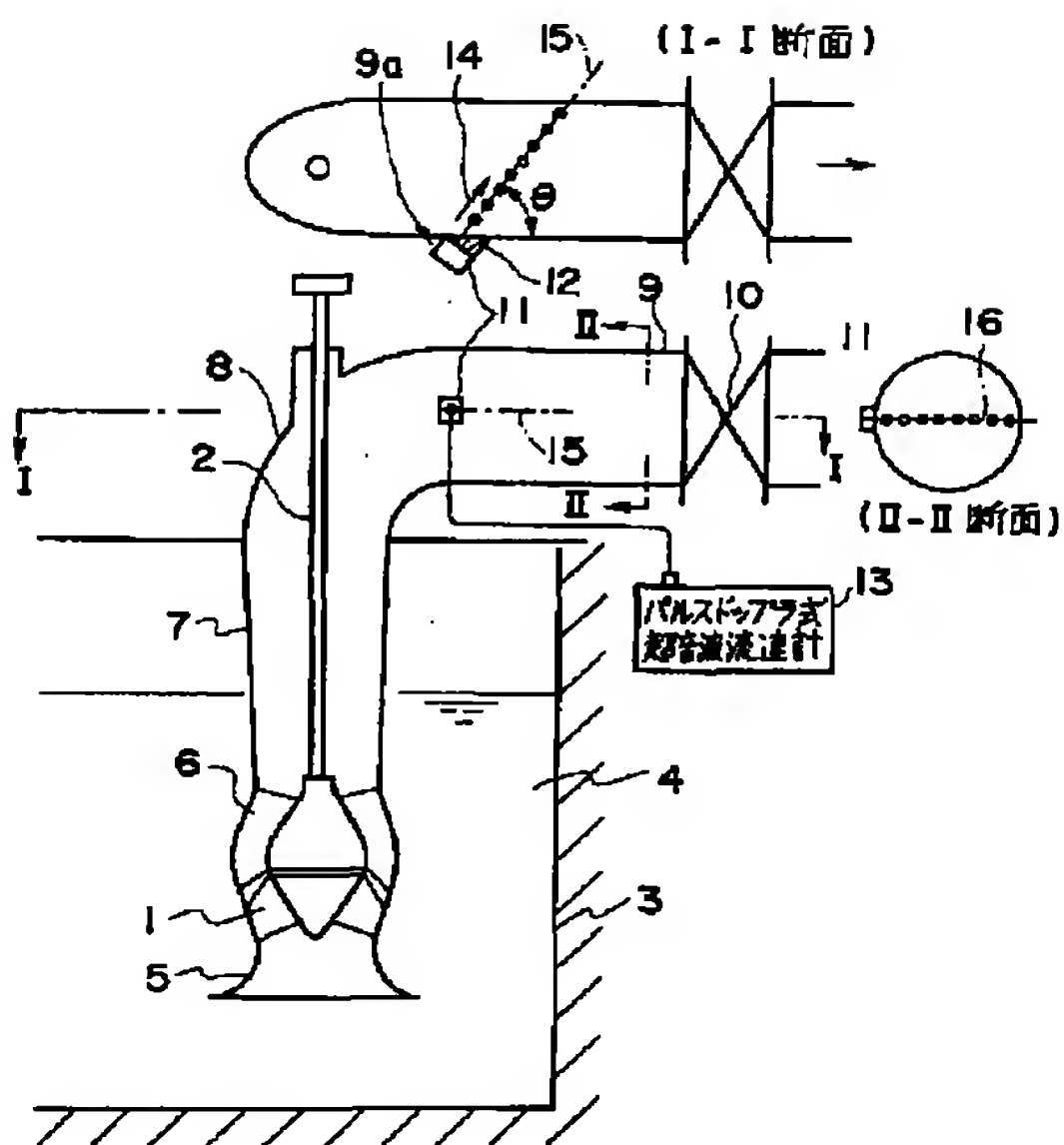
【符号の説明】

- 1 羽根車
- 2 ポンプ軸
- 3 吸込槽
- 4 雨水
- 5 吸込ベルマウス
- 6 案内羽根
- 7 吐出コラム
- 8 吐出エルボ
- 9 吐出管
- 10 流量調節弁
- 11 超音波センサ
- 12 くさび状取付具
- 13 パルスドップラ式超音波流速計
- 14 超音波パルス送信波
- 15 流速測定線
- 16 粒子
- 17 散乱反射波
- 18 超音波センサ取付座
- 19 吸込側測定スペース
- 20 ケーブルダクト
- 21 第2吐出エルボ
- 22 吐出側測定スペース
- 23 吐出槽
- 24 ハンドホール
- 25 測定治具
- 26 旋回ら旋流れ

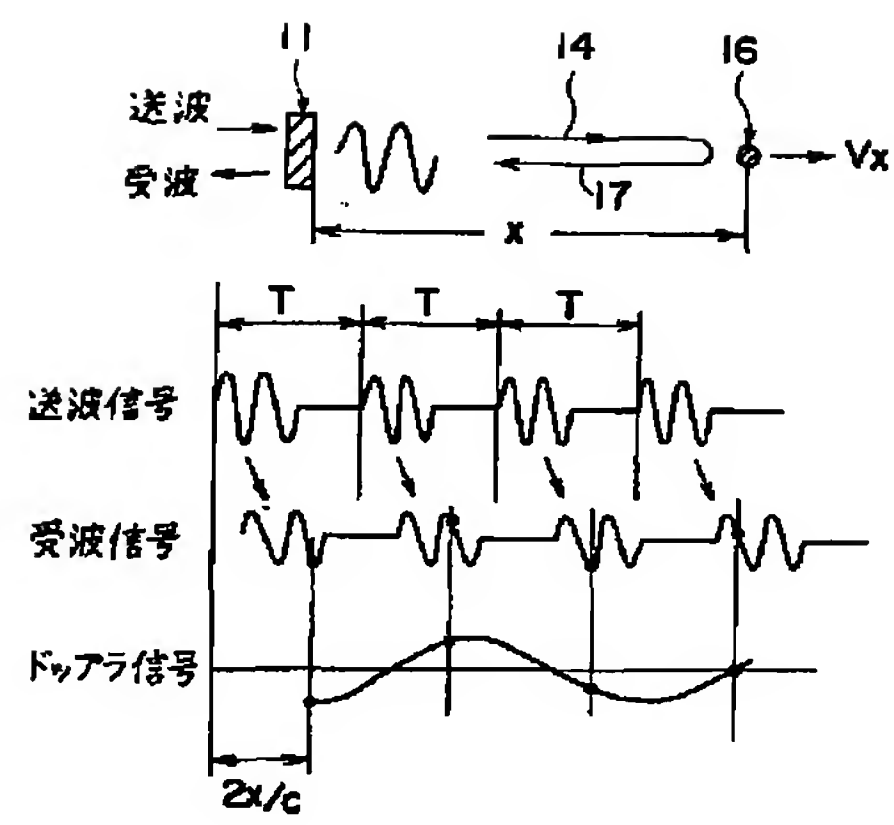
【図16】



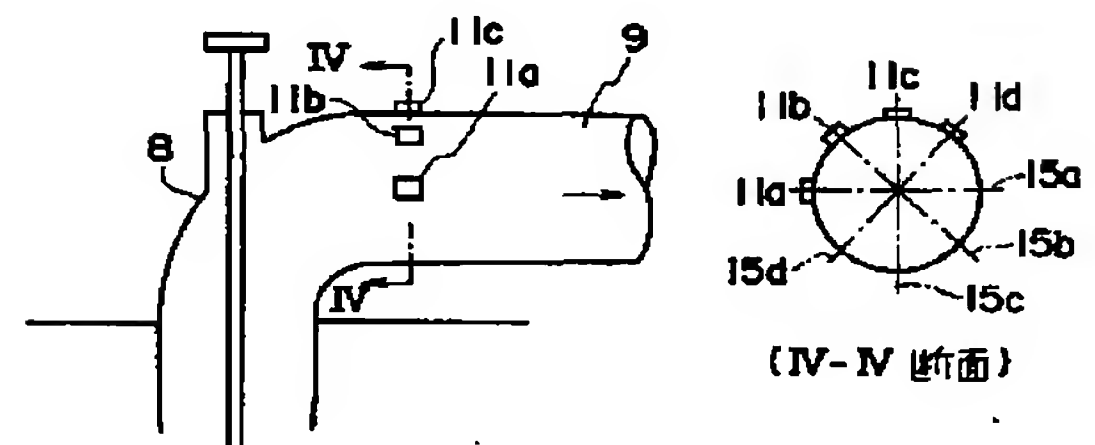
【図1】



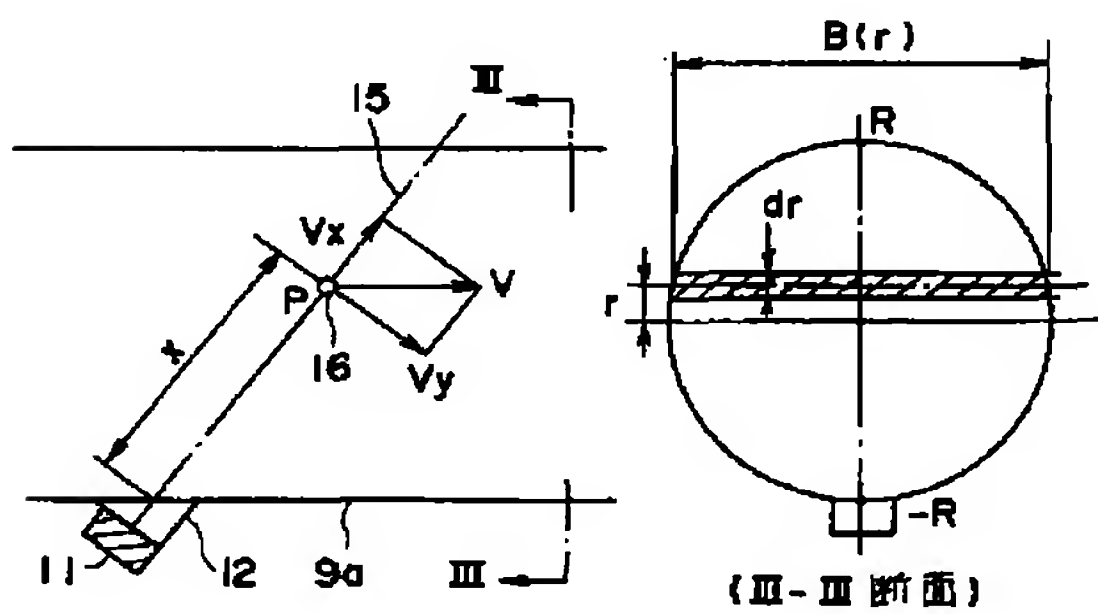
【図2】



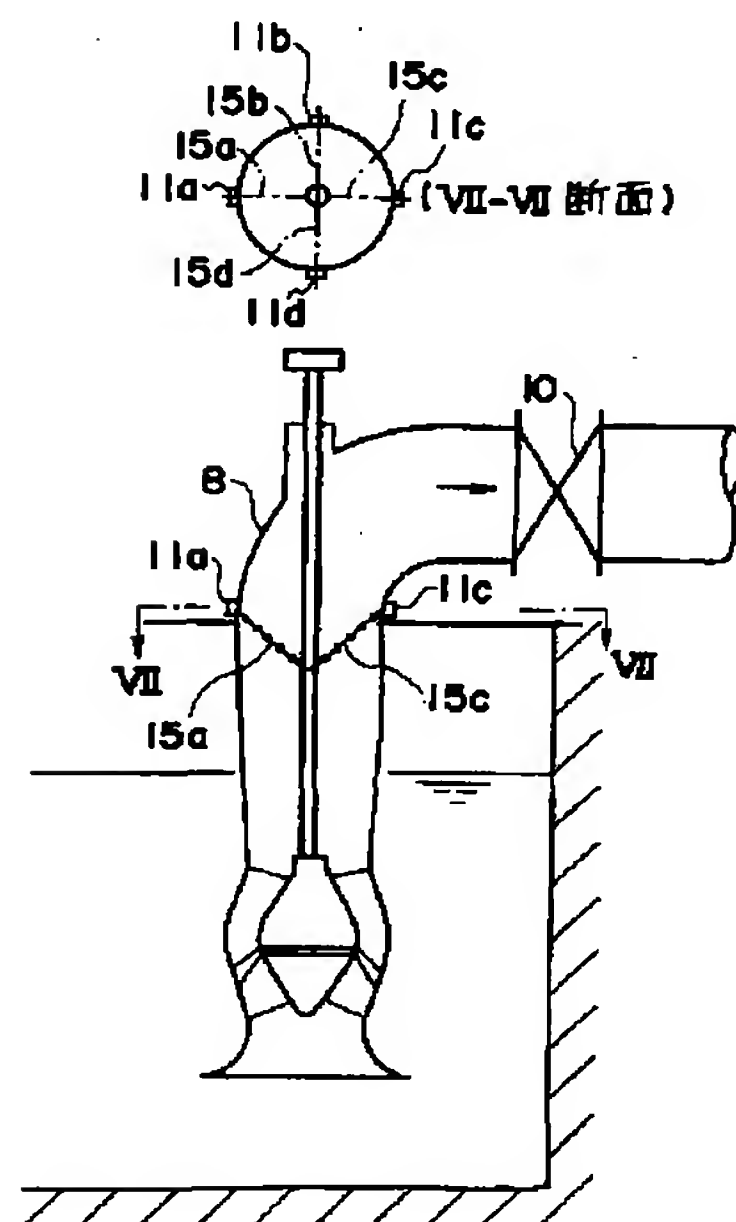
【図4】



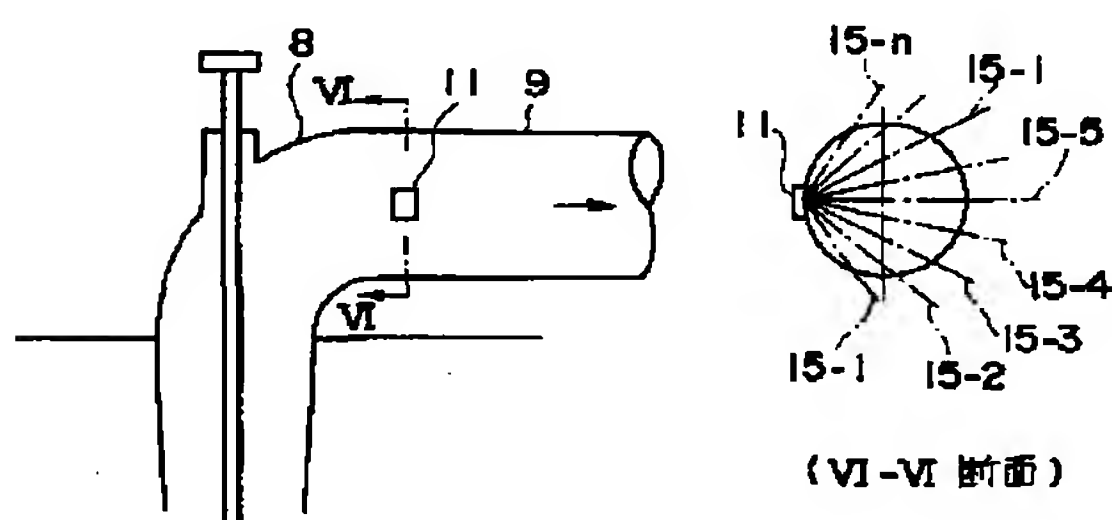
【図3】



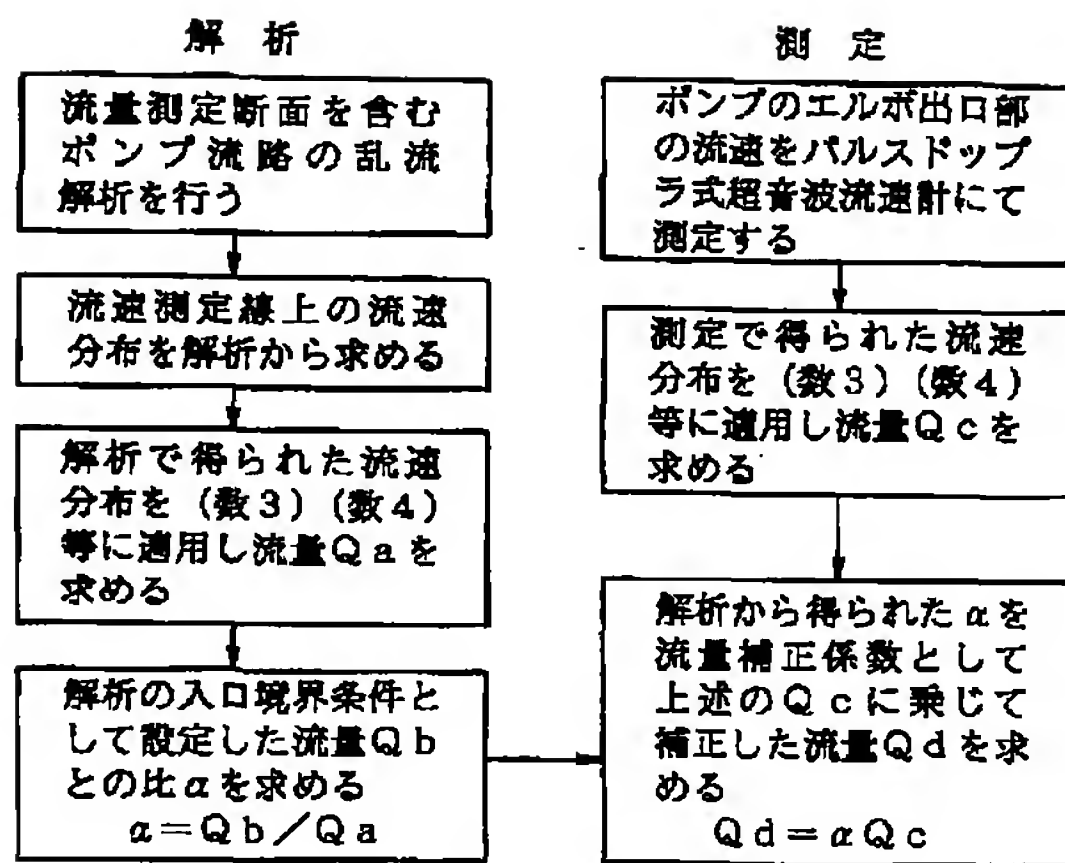
【図6】



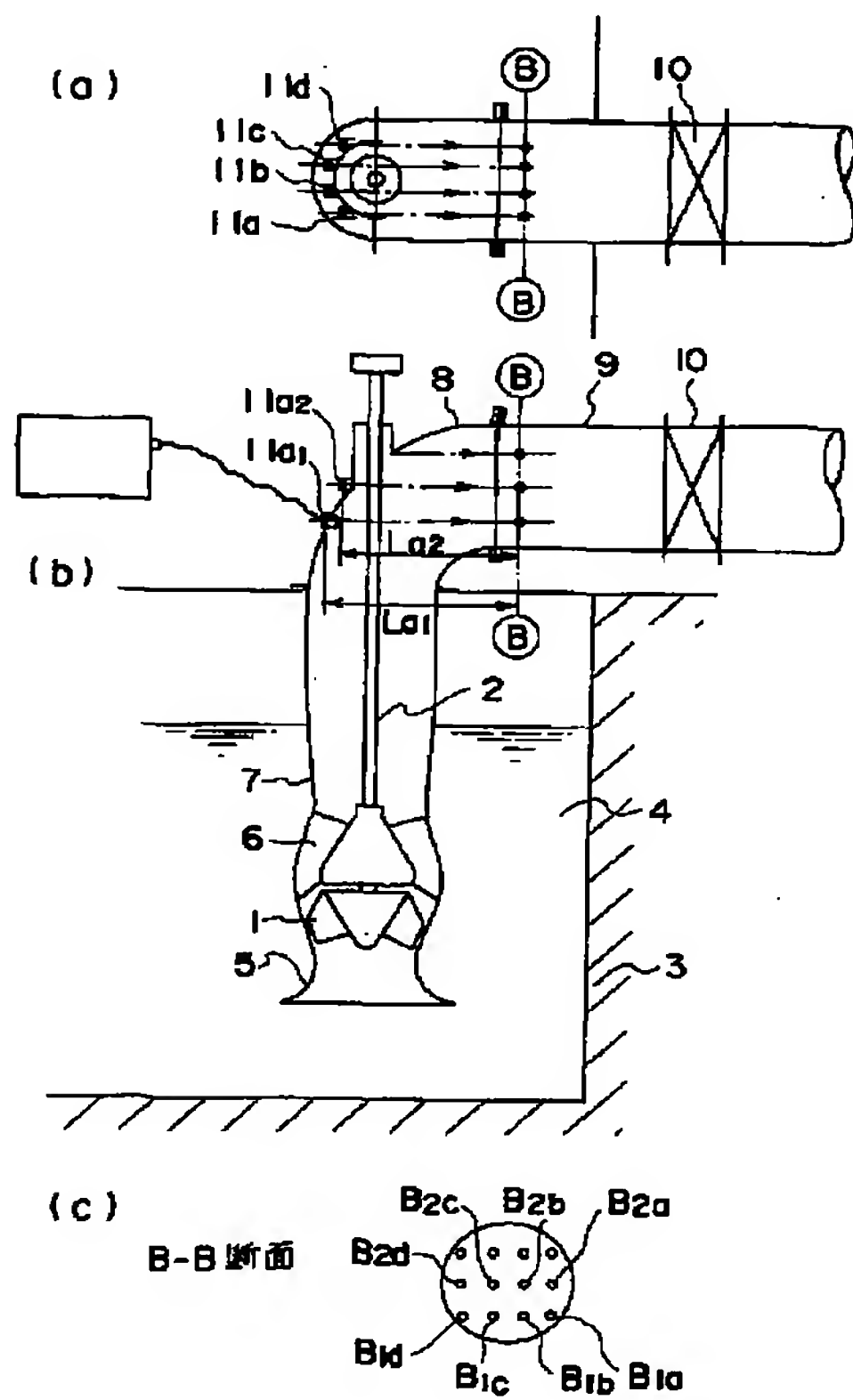
【図5】



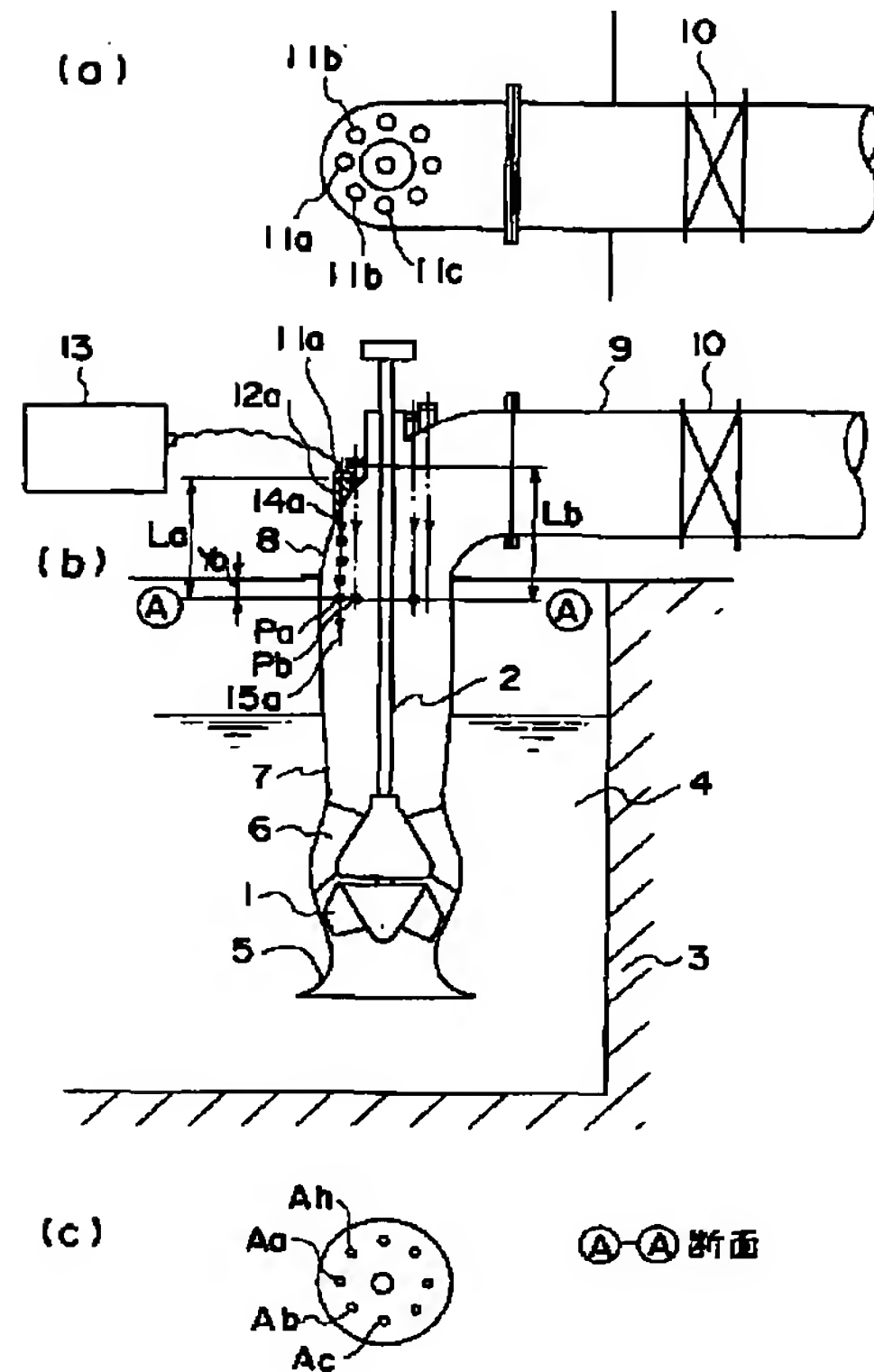
【図7】



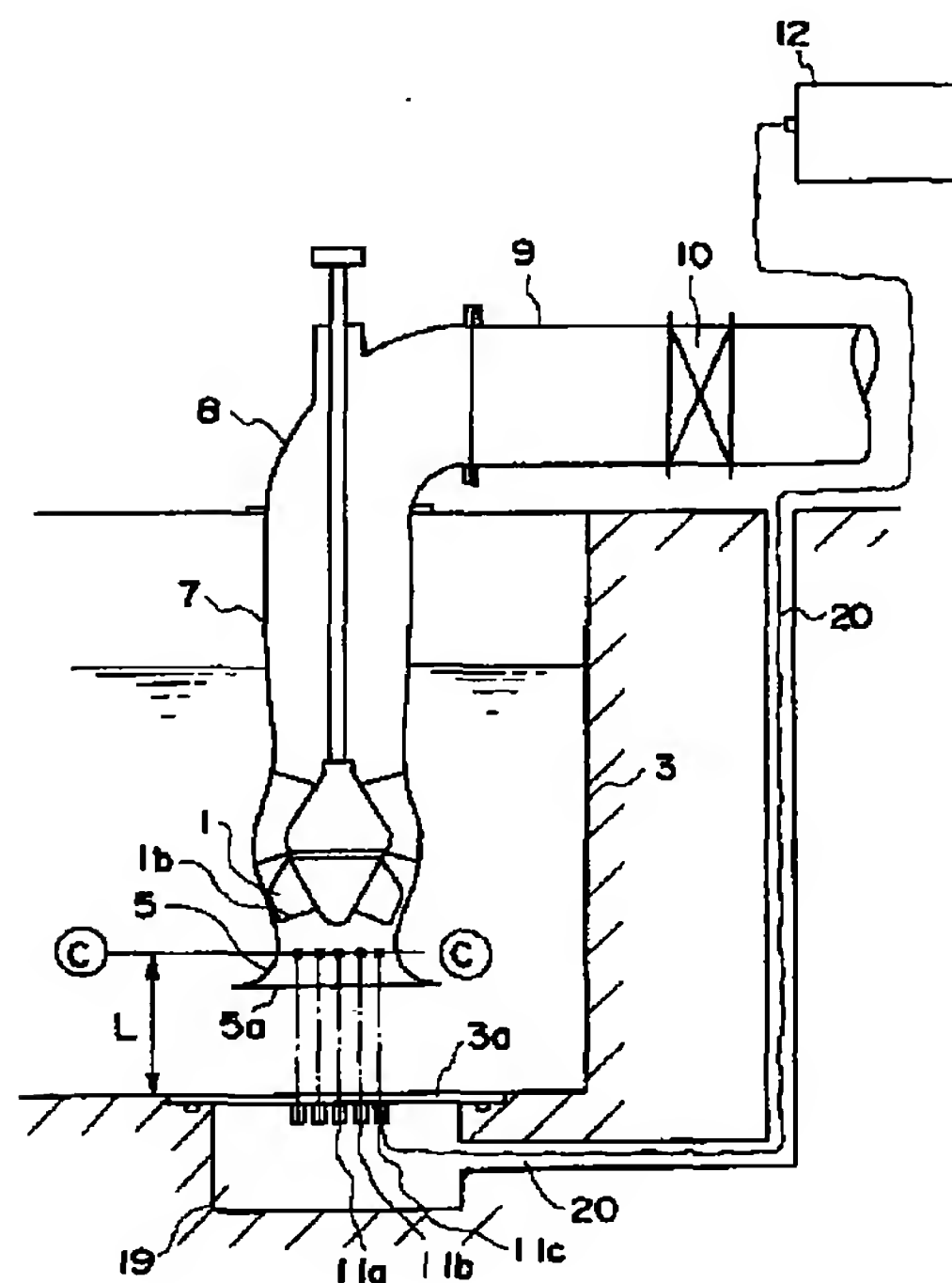
【図9】



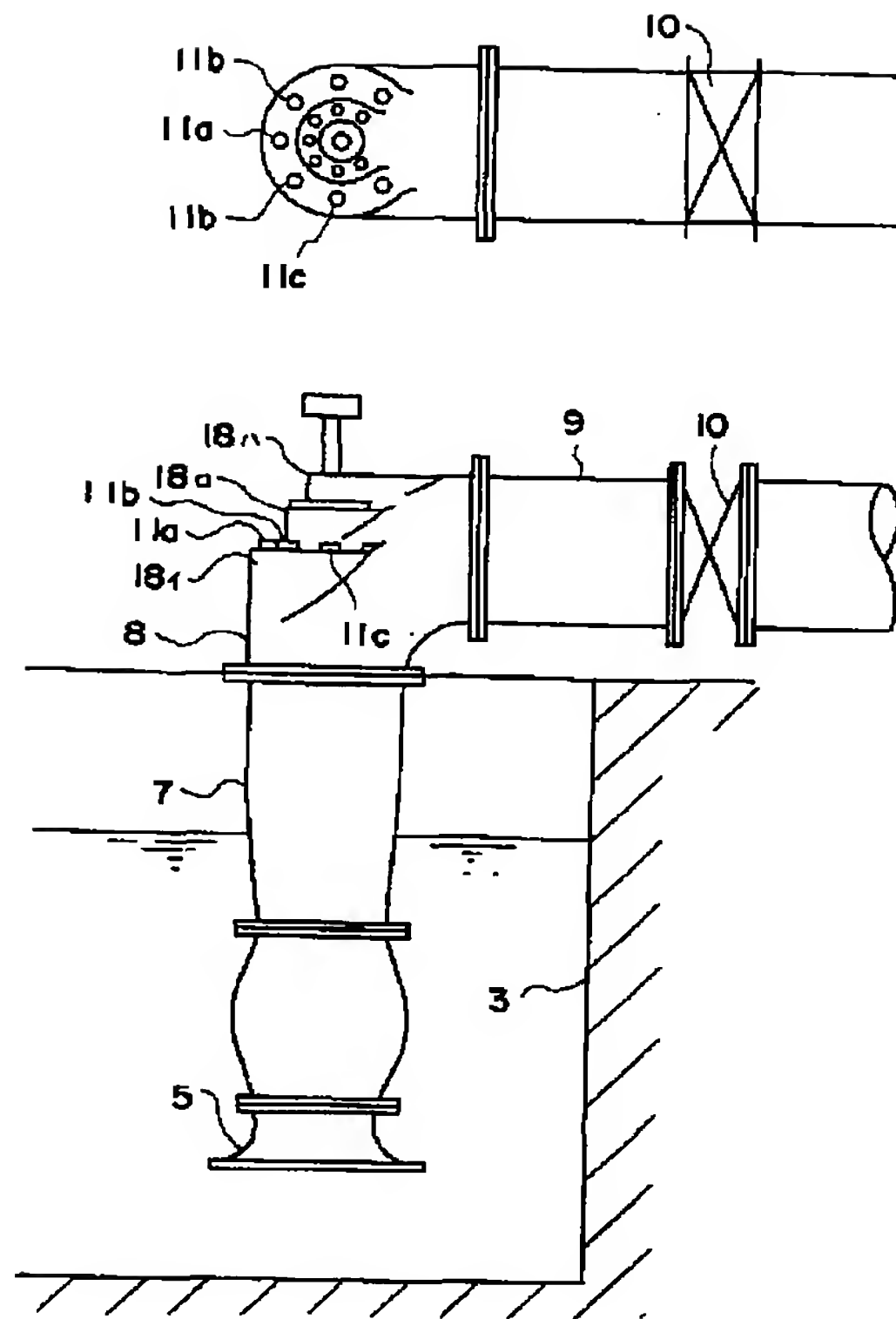
【図8】



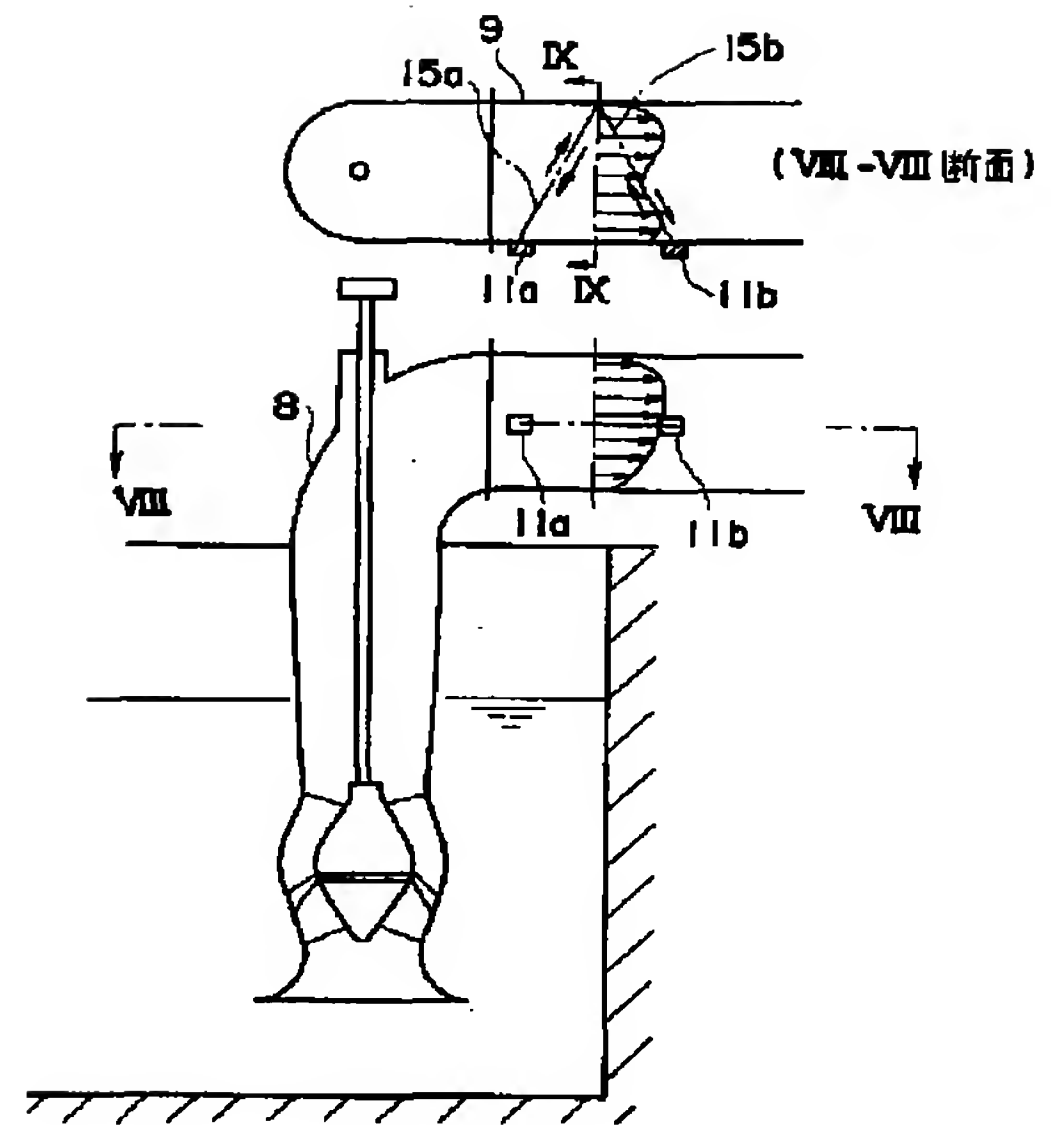
【図11】



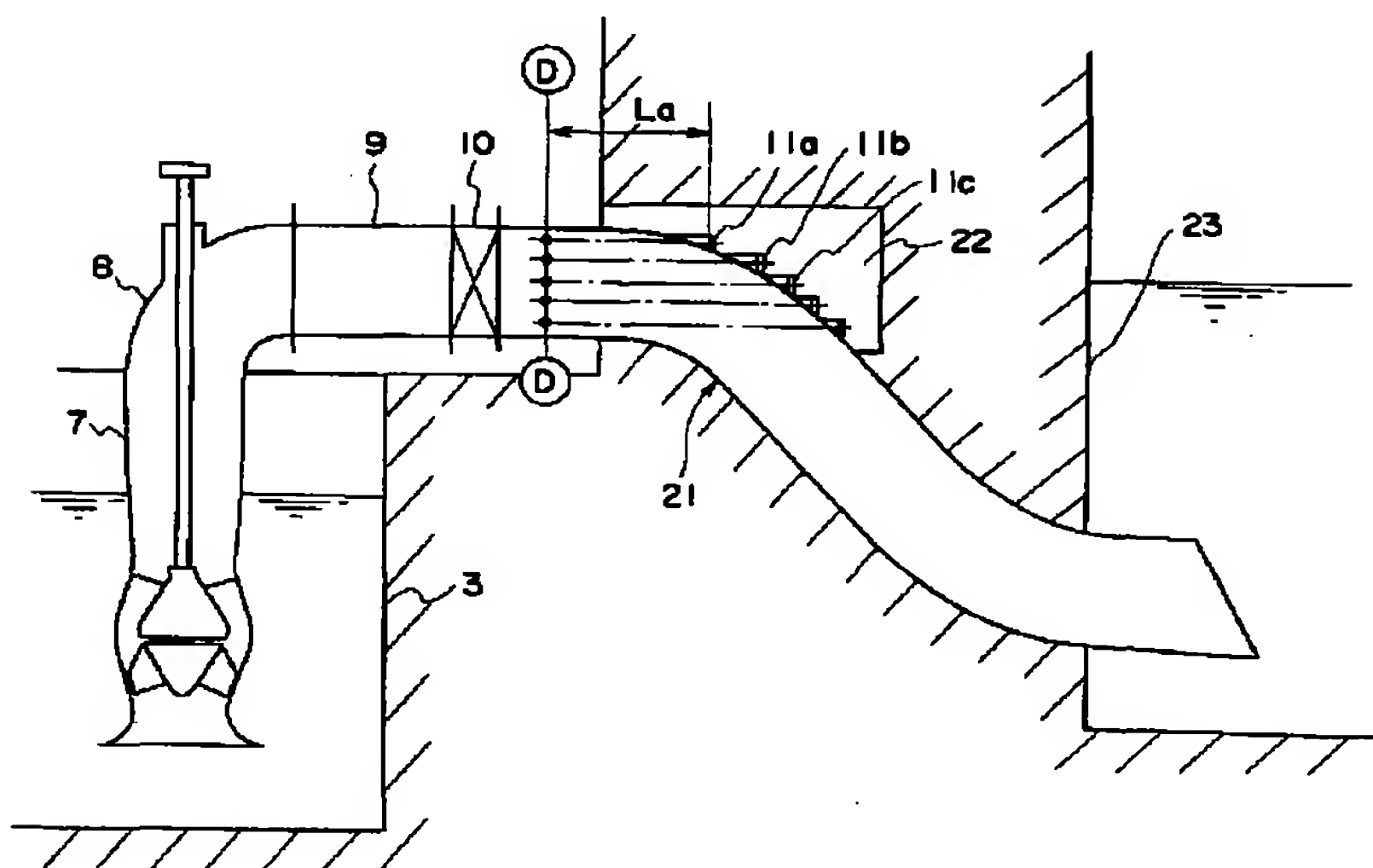
【図10】



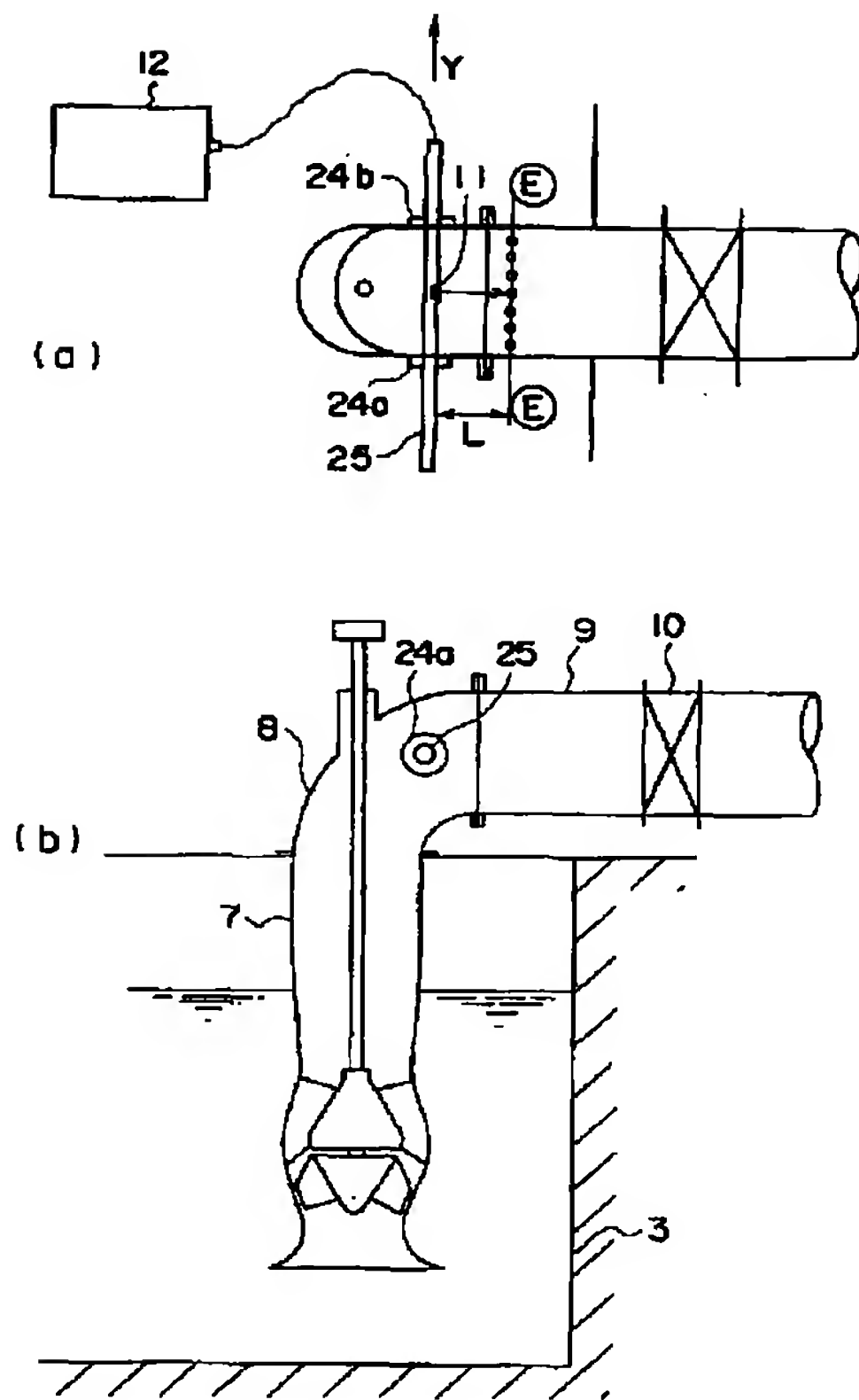
【図15】



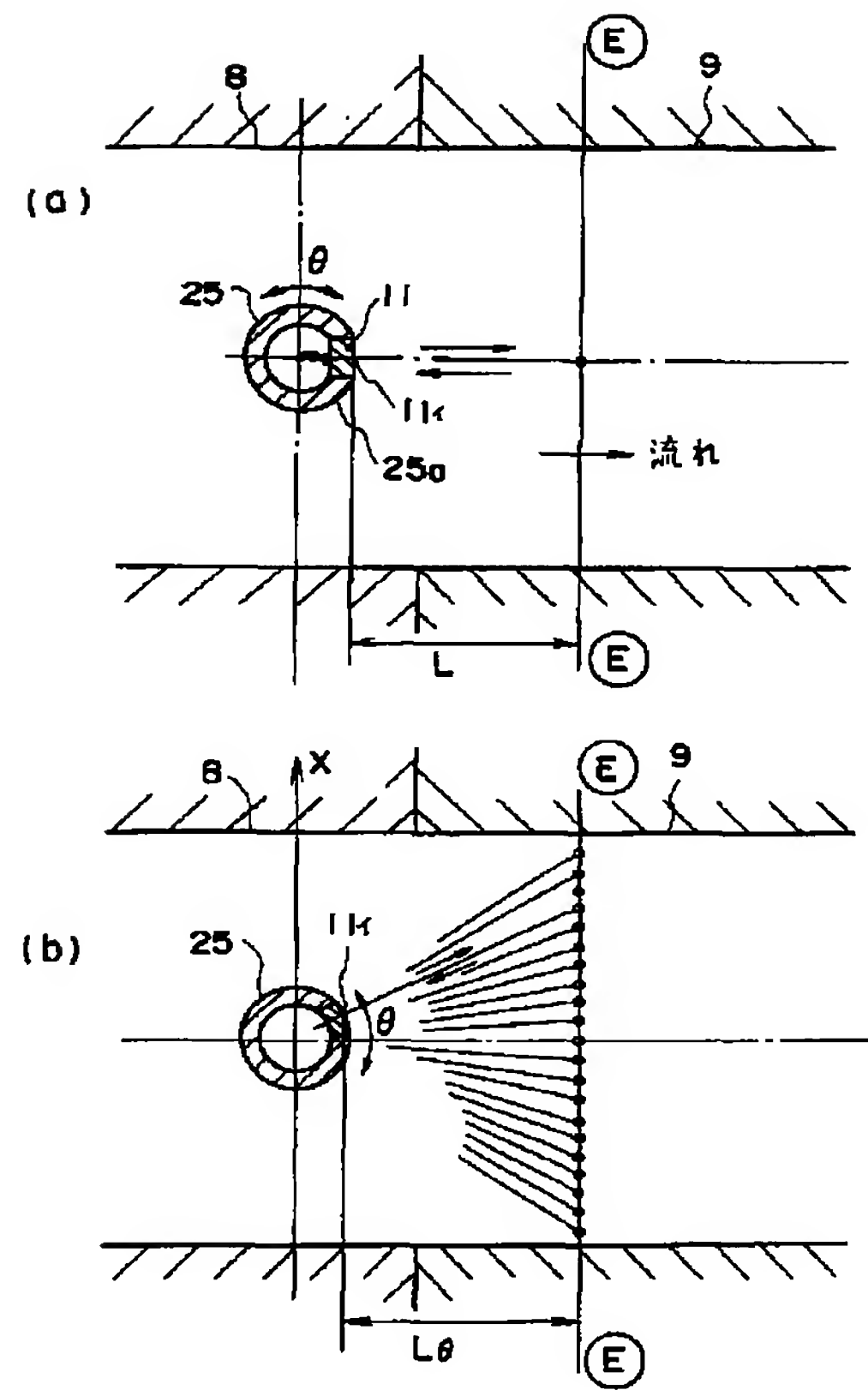
【図12】



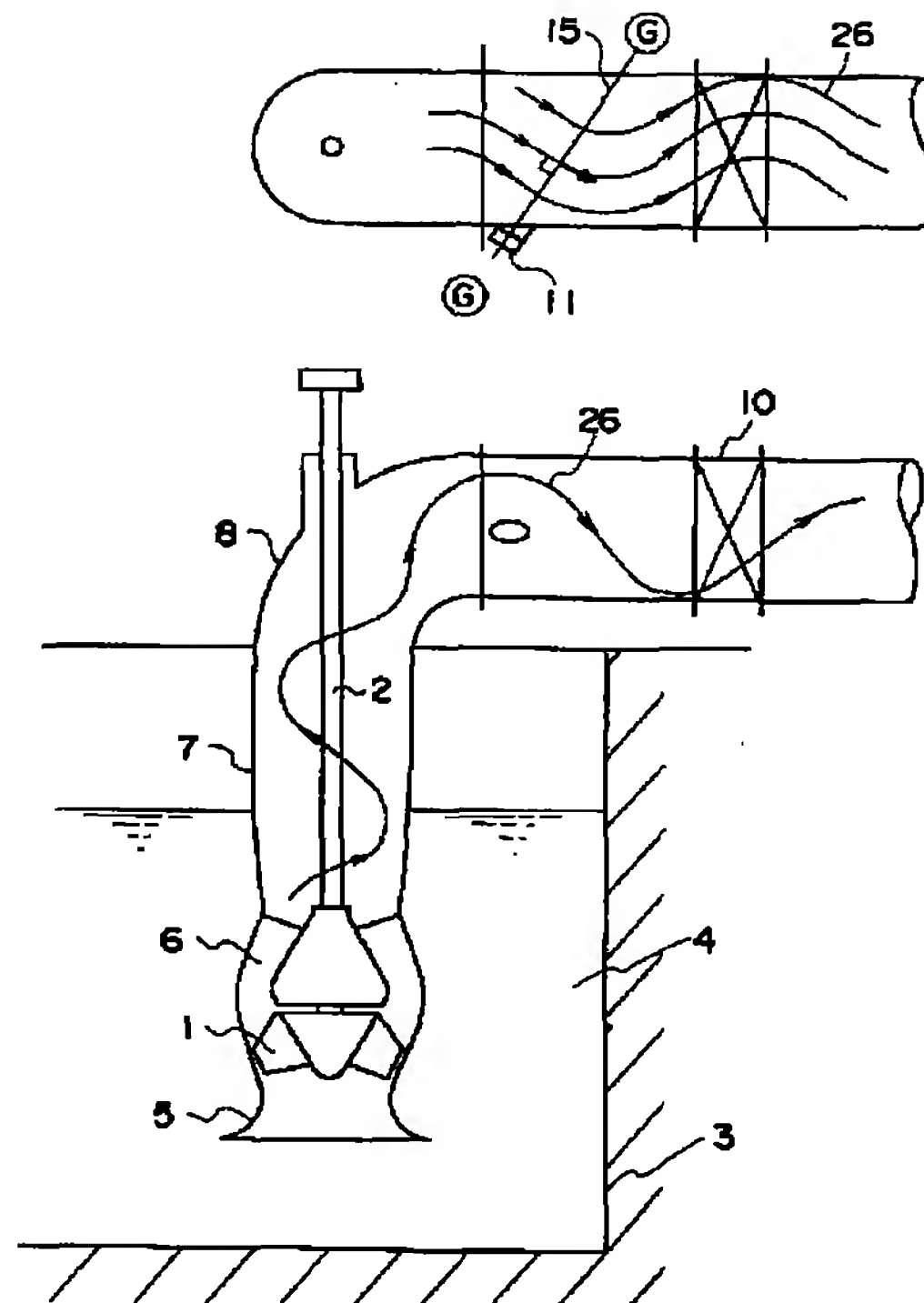
【図13】



【図14】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 雄二
 茨城県土浦市神立東二丁目28番4号 日
 立テクノエンジニアリング株式会社 土
 浦事業所内

(56)参考文献 特開 平4-249716 (J P, A)
 特開 平1-193617 (J P, A)
 特開 昭54-121770 (J P, A)
 特開 昭60-262015 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
 G01F 1/00 - 9/02